饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雌性水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[1]

张海华 杨雅涵 南韦肖 王 卓 李光玉*

（中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112)

摘 要：本试验旨在探讨饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雌性水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响，确定育成期雌性水貂饲粮中蛋白质和脂肪的适宜水平。采用 2×3 因子试验设计，设 32%（L）、36%（H）2 个蛋白质水平与 10%（L）、20%（M）、30%（H）3 个脂肪水平，共配制 6 种试验饲粮。按照蛋白质和脂肪水平，将 6 种试验饲粮分别命名为 LL、LM、LH、HL、HM 和 HH。选取 90 只 60 日龄健康雌性水貂，随机分成 6 组，每组 15 个重复，每个重复 1 只水貂。预试期 7 d，正试期 60 d。结果表明：LH 组水貂末重和平均日增重均最高，显著高于 LL 和 HL 组（$P<0.05$），并且随着饲粮脂肪水平的增加呈上升趋势。平均日采食量和料重比均以 LH 组最低；30%脂肪水平组水貂的平均日采食量极显著低于 20%脂肪水平组（$P<0.01$）；料重比随着饲粮脂肪水平的增加而升高，30%脂肪水平组极显著低于 10%和 20%脂肪水平组（$P<0.01$）。LL 和 HL 组水貂的干物质消化率、脂肪消化率极显著低于其他组（$P<0.01$）；HH 组水貂的蛋白质消化率显著高于 LL、LH 和 HL 组（$P<0.05$）。随着饲粮蛋白质水平的增加，蛋白质消化率和脂肪消化率分别显著（$P<0.05$）和极显著（$P<0.01$）升高；10%脂肪水平组的干物质消化率和蛋白质消化率极显著低于 20%和 30%脂肪水平组（$P<0.01$）；随着饲粮脂肪水平的增加，脂肪消化率呈升高趋势；碳水化合物消化

收稿日期：2016-03-15

基金项目：吉林省科技厅基础处自然基金（20150101112JC）

作者简介：张海华（1983—），女，河北承德人，博士研究生，从事特种动物营养与分子营养研究。E-mail: zhh83@126.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail: tcslgy@126.com

率则以30%脂肪水平组最低，极显著低于10%和20%脂肪水平组（P<0.01）。水貂食入氮以HM组最高，极显著高于其他各组（P<0.01）；粪氮排出量以HL组最高，显著高于LH和HH组（P<0.05）；尿氮排出量以LH组最低，而氮沉积和氮生物学效价则以LH组最高。随着饲粮蛋白质水平由32%增加到36%，食入氮和尿氮排出量极显著增加（P<0.01），而氮生物学效价则显著降低（P<0.05）。20%脂肪水平组食入氮最高，极显著高于30%脂肪水平组（P<0.01）；粪氮排出量和尿氮排出量均以30%脂肪水平组最低，与10%和20%脂肪水平组存在显著（P<0.05）或极显著（P<0.01）差异；随着饲粮脂肪水平的增加，氮沉积呈先升高后降低的趋势，而氮生物学效价呈升高的趋势。综合各项指标，在本试验条件下，当饲粮蛋白质水平为32%、脂肪水平为20%~30%时，育成期雌性水貂生长性能最佳，且能够降低尿氮排出量，提高水貂对饲粮蛋白质的利用率。

关键词：育成期；雌性水貂；蛋白质；脂肪；生长性能

中图分类号：S816　　　文献标识码：A　　　文章编号：

水貂是珍贵的毛皮动物，蛋白质和脂肪是水貂饲粮中的重要营养成分，直接影响水貂的饲养成本、生长发育和毛皮品质。研究水貂饲粮中蛋白质和脂肪的适宜比例对指导合理配制育成期水貂饲粮和提高养殖经济效益具有重要意义。目前，国内外对水貂蛋白质需要量的研究较多[1-3]，对脂肪和能量的需要量也有相关报道[4-6]，但对于水貂饲粮中蛋白质和脂肪适宜比例的研究报道鲜见报道。研究表明，脂肪提供的代谢能其生产价值高于其他营养物质提供的代谢能[7]。动物饲粮中添加非蛋白质能源物质脂肪可代替部分蛋白质分解供能，从而提高动物对饲粮蛋白质的利用率[8-9]，进而提高动物的生产性能，节约饲料成本。为此，本试验通过饲喂育成期雌性水貂不同蛋白质和脂肪水平的饲粮，结合水貂生长性能指标、营养物质消化率及氮代谢指标确定水貂育成期饲粮适宜蛋白质和脂肪水平，为改善我国水貂营养标准奠定基础，并为水貂养殖中饲粮的合理配制提供科学依据。

1　材料与方法

1.1 试验动物

在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站的毛皮动物基地，选取 90 只健康、体重相近的（60±3）日龄的育成期雌性标准黑色水貂为试验动物进行试验。

1.2 试验设计

将 90 只试验水貂随机分为 6 组，每组 15 个重复，每个重复 1 只水貂。本试验采用 2×3 因子试验设计，设 32%（L）、36%（H）2 个蛋白质水平和 10%（L）、20%（M）、30%（H）3 个脂肪水平，共配制 6 种试验饲粮。按照蛋白质和脂肪水平，将 6 种试验饲粮分别命名为 LL、LM、LH、HL、HM 和 HH，分别饲喂 6 组试验水貂。

1.3 试验饲粮

以膨化玉米、黄花鱼、鸡杂、猪肉和豆油为主要原料，根据试验设计配制相应蛋白质和脂肪水平的试验饲粮，其组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	饲粮 Diets					
	LL	LM	LH	HL	HM	HH
原料 Ingredients						
膨化玉米 Extusion corn	55.42	42.27	30.77	43.47	30.67	16.20
黄花鱼 Corvina	27.39	26.57	25.34	39.16	39.62	37.80
碎猪肉 Jarding pork	6.88	11.50	18.18	5.62	11.54	22.33
鸡杂 Poultry offal	2.91	4.09	4.04	2.85	4.40	4.26
牛肝 Ox liver	3.43	4.13	5.44	5.88	6.04	5.85
豆油 Soybean oil	2.47	9.94	14.73	1.52	6.23	12.06
食盐 NaCl	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

预混料 Premix[1]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2]						
代谢能 ME/（MJ/kg）	15.18	18.13	20.46	15.38	18.32	20.11
粗蛋白质 Crude protein	32.08	32.74	32.86	36.87	37.18	36.14
粗脂肪 Crude fat	10.78	20.38	30.45	10.58	20.56	29.43
碳水化合物 Carbohydrate	50.53	40.40	31.22	44.85	34.42	25.04
钙 Ca	2.46	2.41	2.39	2.76	2.81	2.79
总磷 TP	1.32	137	1.39	1.46	1.48	1.47

1）每千克预混料中含有 One kilogram of premix contained the following:VA 200 000IU，VD_3 40 000 IU，VE 5 000 IU，VB_1 125 mg，VB_2 200 mg，VB_6 200 mg，VB_{12} 2.5 mg，VK_3 40 mg，VC 7 500 mg，烟酸 niacin acid 500 mg，泛酸 pantothenic acid 800 mg，叶酸 folic acid 100 mg，胆碱 choline 10 000 mg，生物素 biotin 7.5 mg，Fe 2 000 mg，Cu 500 mg，Mn 400 mg，Zn 1 500 mg，I 15 mg，Se 5 mg，Co 7.5 mg。

2）粗蛋白质、粗脂肪、钙、总磷为测定值、碳水化合物和代谢能为计算值[10]。Crude protein, crude fat, Ca and TP were measured values, while carbohydrate and ME were calculated values.

1.4 饲养管理

试验开始前对水貂接种犬瘟热和细小病毒疫苗。试验水貂单笼饲养，每日 08:00 与 16:00 各饲喂 1 次，自由采食与饮水，每日记录实际采食量。预试期 7 d，正试期 60 d。

1.5 消化代谢试验

正试期开始 30 d 后，每组挑选 8 只体重相近的健康水貂进行消化代谢试验，试验持续 4 d。采用全收粪法，采用水貂专用粪尿收集装置收集粪便和尿液。每天收集的尿液每 100 mL

中加入 2 mL 的 10%硫酸溶液固氮，并加 4 滴甲苯防腐，保存于－20 ℃备用。每天收集的粪便称重后按鲜重的 5%加入 10%硫酸溶液固氮，并加少量甲苯防腐，保存于－20 ℃备用。将 4 d 的尿液和粪便分别混合均匀后取样，其中粪便在 80 ℃下杀菌 2 h，然后降到 65 ℃烘干至恒重，磨碎过 40 目筛，制成风干样本，以备实验室分析。

1.6　测定指标及方法

正试期开始后，第 1 天称重作为初重，中间每隔 15 d 在早晨饲喂前空腹称重，试验结束后称重作为末重，计算每只水貂的日增重以及每组的平均日增重（ADG）。记录每只水貂每天的给料量和剩料量，计算每只水貂采食量及每组水貂的平均采食量（ADFI）。根据每组的平均日增重和平均日采食量计算料重比（F/G）。

样品分析：105 ℃烘干法测定干物质含量，参考 GB/T 6435-2006；索氏浸提法测定粗脂肪含量，参考 GB/T 6433 2006；凯氏定氮法测定粗蛋白质含量，参考 GB/T 6432-1994；粗灰分含量的测定方法参照 GB/T 6438 2007；钙含量的测定方法参考 GB/T 6436-2002；总磷含量的测定方法参考 GB/T 6437-2002。

1.7　计算公式

碳水化合物含量（%）=100－粗灰分含量－粗脂肪含量－粗蛋白质含量；

平均日采食量（g/d）=试验期采食量/试验天数；

平均日增重（g/d）=（末重－初重）/试验天数；

料重比=平均日采食量/平均日增重；

营养物质消化率（%）=[(营养物质摄入量－粪中营养物质排出量)/营养物质摄入量]×100；

氮沉积（g/d）=食入氮－粪氮排出量－尿氮排出量；

氮生物学效价（%）=[氮沉积/(食入氮－粪氮排出量)]×100。

1.8　数据分析

采用 SAS 9.0 进行数据统计分析，采用双因子方差分析（two-way ANOVA）进行差异显

著性检验。分析结果以“平均值±标准差”表示，其中 *P*<0.05 为差异显著，*P*<0.01 为差异极显著，*P*>0.05 为差异不显著。

2　结　果

2.1　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂生长性能的影响

由表 2 可知，水貂的初重各组间差异不显著（*P*>0.05）；LH 组水貂的末重和平均日增重均为最高，显著高于 LL 和 HL 组（*P*<0.05），与 LM、HM 和 HH 组差异不显著（*P*>0.05）；平均日采食量以 LH 组最低，显著低于 LM 和 HM 组（*P*<0.05），与其他组差异不显著（*P*>0.05）；料重比以 LH 组最低，极显著低于其他各组（*P*<0.01），HH 组亦显著低于 LL、HL 和 HM 组（*P*<0.01）。饲粮蛋白质水平对水貂的末重、平均日增重、平均日采食量和料重比均无显著影响（*P*>0.05），但饲粮脂肪水平极显著影响水貂的末重、平均日增重、平均日采食量和料重比（*P*<0.01）。水貂的末重和平均日增重随着饲粮脂肪水平的增加呈上升的趋势，30%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（*P*<0.01）；30%脂肪水平组水貂的平均日采食量最低，极显著低于 20%脂肪水平组（*P*<0.01）；料重比随着饲粮脂肪水平的增加而升高，30%脂肪水平组极显著低于 10%和 20%脂肪水平组（*P*<0.01）。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂的末重、平均日增重、平均日采食量和料重比均未产生显著影响（*P*>0.05）。

表 2　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary protein and fat levels on growth performance of female minks during of growing period

组别 Groups	始重 Initial weight/kg	末重 Final weight/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
LL	0.73±0.04	1.23±0.12^{b}	8.50±2.06^{b}	71.30±7.33^{abc}	8.39±1.65^{Aa}
LM	0.73±0.04	1.31±0.11^{ab}	9.58±1.77^{ab}	73.11±6.83^{ab}	7.63±1.74^{ABab}

LH	0.73±0.04	1.37±0.17^{a}	10.62±2.73^{a}	62.96±9.85^{c}	5.93±2.01^{Cc}
HL	0.73±0.03	1.23±0.11^{b}	8.27±1.67^{b}	68.34±6.69^{bc}	8.26±1.23^{Aa}
HM	0.73±0.04	1.27±0.13^{ab}	8.91±1.78^{ab}	76.68±8.98^{a}	8.61±1.21^{Aa}
HH	0.73±0.04	1.33±0.19^{ab}	10.02±3.11^{ab}	64.23±7.27^{bc}	6.41±1.98^{Bb}
蛋 白 质 水 平 Protein level/%					
32	0.73±0.04	1.31±0.15	9.57±2.35	69.12±9.32	7.32±1.52
36	0.73±0.04	1.28±0.15	9.07±2.35	69.75±9.07	7.76±1.43
脂肪水平 Fat level/%					
10	0.73±0.04	1.24±0.12^{Bb}	8.39±1.84^{Bb}	69.82±6.95^{ABab}	8.33±1.76^{Aa}
20	0.73±0.04	1.29±0.12^{ABab}	9.24±1.77^{ABab}	74.89±7.93^{Aa}	8.11±1.57^{Aa}
30	0.73±0.04	1.35±0.18^{Aa}	10.32±2.89^{Aa}	63.60±8.95^{Bb}	6.17±1.21^{Bb}
P 值 *P*-value					
蛋 白 质 水 平 Protein level	0.860 3	0.308 1	0.323 2	0.813 1	0.541 7
脂肪水平 Fat level	0.998 4	0.009 0	0.005 1	0.001 0	0.004 2
交 互 作 用 Interaction	0.983 4	0.946 7	0.924 9	0.520 2	0.378 2

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P＜0.01)。下表同。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P＜0.01). The same as below.

2.2　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂营养物质消化率的影响

由表 3 可知，LL 和 HL 组水貂的干物质消化率极显著低于其他组（P<0.01）；水貂的蛋白质消化率以 HH 组最高，LL 组最低，HH 组显著高于 LL、LH 和 HL 组（P<0.05）；LL 和 HL 组水貂的脂肪消化率极显著低于其他各组（P<0.01），其中以 LL 组最低。饲粮蛋白质水平对干物质消化率和碳水化合物的影响不显著（P>0.05），但显著影响蛋白质消化率（P<0.05），极显著影响脂肪消化率（P<0.01）。其中，36%蛋白质水平组的蛋白质消化率显著高于 32%蛋白质水平组（P<0.05），同时 36%蛋白质水平组的脂肪消化率极显著高于 32%蛋白质水平组（P<0.01）。饲粮脂肪水平极显著影响干物质消化率、蛋白质消化率、脂肪消化率和碳水化合物消化率（P<0.01）。其中，10%脂肪水平组的干物质消化率和蛋白质消化率均最低，并极显著低于 20%和 30%脂肪水平组（P<0.01）；随着饲粮脂肪水平的增加，脂肪消化率呈升高趋势，30%脂肪水平组显著高于 10%和 20%脂肪水平组（P<0.01）；碳水化合物消化率则以 30%脂肪水平组最低，极显著低于 10%和 20%脂肪水平组（P<0.01）。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂干物质消化率、蛋白质消化率和碳水化合物消化率均未产生显著影响（P>0.05），但对脂肪消化率有显著影响（P<0.05）。

表 3　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂营养物质消化率的影响

Table 3　Effects of dietary protein and fat levels on nutrient digestibility of female minks during of growing period　%

组别 Groups	干物质消化率 DM digestibility	蛋白质消化率 Protein digestibility	脂肪消化率 Fat digestibility	碳水化合物消化率 Carbohydrate

				digestibility
LL	77.65±1.46^{Bb}	78.06±2.69^{d}	89.57±2.32^{Cc}	74.51±1.69^{Aa}
LM	83.31±3.10^{Aa}	81.73±2.85^{abc}	95.40±1.75^{Aa}	75.49±5.42^{Aa}
LH	82.34±1.27^{Aa}	80.23±3.91^{bcd}	96.39±0.94^{Aa}	69.61±3.06^{Bb}
HL	78.74±1.18^{Bb}	79.01±2.31^{cd}	92.56±1.38^{Bb}	76.16±2.08^{Aa}
HM	83.42±0.93^{Aa}	82.54±2.12^{ab}	96.46±1.03^{Aa}	77.03±1.11^{Aa}
HH	83.65±0.86^{Aa}	84.00±1.66^{a}	96.29±0.65^{Aa}	70.88±1.73^{Bb}
蛋白质水平 Protein level/%				
32	81.10±3.23	80.00±3.42^{b}	93.79±3.51^{B}	73.20±4.42
36	81.94±2.51	81.85±2.90^{a}	95.10±2.09^{A}	74.69±3.21
脂肪水平 Fat level/%				
10	78.19±4.22^{Bb}	78.53±2.47^{Bb}	91.07±2.40^{Aa}	75.33±2.02^{Aa}
20	83.36±2.21^{Aa}	82.13±2.46^{Aa}	95.93±1.49^{Aa}	76.26±3.86^{Aa}
30	83.00±1.25^{Aa}	82.11±3.50^{Aa}	96.34±0.78^{Bb}	70.24±2.49^{Bb}
P 值 *P*-value				
蛋白质水平 Protein level	0.086 9	0.022 1	0.003 2	0.081 8
脂肪水平 Fat level	<0.000 1	0.000 4	<0.000 1	<0.000 1
交互作用	0.556 3	0.226 3	0.015 5	0.981 4

Interaction					

2.3　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂氮代谢的影响

由表 4 可知，水貂食入氮以 HM 组最高，极显著高于其他各组（*P*<0.01），LH 组最低，极显著低于其他各组（*P*<0.01）；粪氮排出量以 HL 组最高，显著高于 LH 和 HH 组（*P*<0.05）；LH 组尿氮排出量除与 LM 组差异不显著（*P*>0.05）外，显著低于其他组（*P*<0.05）；氮沉积以 LH 组最高，显著高于 LL 和 HL 组（*P*<0.05）；氮生物学效价以 LH 组最高，与 LM 组差异不显著（*P*>0.05），显著高于其他各组（*P*<0.05）。饲粮蛋白质水平对粪氮排出量的影响不显著（*P*>0.05），但显著影响氮生物学效价（*P*<0.05），极显著影响食入氮和尿氮排出量（*P*<0.01）。随着饲粮蛋白质水平由 32%增加到 36%，食入氮和尿氮排出量极显著增加（*P*<0.01），而氮生物学效价则显著降低（*P*<0.05）。饲粮脂肪水平对水貂食入氮、粪氮排出量、氮沉积和氮生物学效价有极显著的影响（*P*<0.01），对尿氮排出量有显著影响（*P*<0.05）。其中，20%脂肪水平组食入氮最高，极显著高于 30%脂肪水平组（*P*<0.01）；粪氮排出量和尿氮排出量均以 30%脂肪水平组最低，粪氮排出量极显著低于 10%和 20%脂肪水平组（*P*<0.01），而尿氮排出量显著低于 10%和 20%脂肪水平组（*P*<0.05）；随着饲粮脂肪水平的增加，氮沉积呈先升高后降低的趋势，20%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（*P*<0.01）；随着饲粮脂肪水平的增加，生物学效价呈升高的趋势，20%和 30%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（*P*<0.01）。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂的食入氮、粪氮排出量、尿氮排出量、氮沉积和氮生物学效价均未产生显著影响（*P*>0.05）。

表 4　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂氮代谢的影响

Table 4　Effects of dietary protein and fat levels on nitrogen metabolism of female minks during of growing period

组别 Groups	食入氮 Nitrogen	粪氮排出量 Fecal nitrogen	尿氮排出量 Urine nitrogen	氮沉积 Nitrogen	氮生物学效价 BV of

	intake/（g/d）	output/（g/d）	output /（g/d）	deposition/（g/d）	nitrogen/%
LL	3.66±0.37^{BCbc}	0.81±0.15^{a}	1.95±0.19^{b}	0.91±0.25^{b}	31.16±2.84^{b}
LM	3.83±0.35^{Bb}	0.70±0.14^{ab}	1.85±0.43^{bc}	1.28±0.29^{ab}	41.31±3.55^{ab}
LH	3.31±0.57^{Cc}	0.63±0.15^{b}	1.31±0.23^{c}	1.37±0.31^{a}	51.12±1.76^{a}
HL	4.03±0.39^{Bb}	0.85±0.15^{a}	2.42±0.48^{a}	0.76±0.34^{c}	23.87±3.14^{c}
HM	4.56±0.53^{Aa}	0.79±0.11^{a}	2.57±0.36^{a}	1.21±0.23^{ab}	31.79±2.27^{b}
HH	3.98±0.44^{Ba}	0.63±0.11^{b}	2.15±0.25^{ab}	1.19±0.29^{ab}	35.84±2.31^{b}
蛋白质水平 Protein level/%					
32	3.60±0.47^{B}	0.72±0.15	1.70±0.36^{B}	1.10±0.31	38.38±2.17^{a}
36	4.19±0.51^{A}	0.76±0.15	2.38±0.27^{A}	1.09±0.37	33.14±1.96^{b}
脂肪水平 Fat level/%					
10	3.85±0.42^{ABab}	0.83±0.14^{Aa}	2.18±0.36^{a}	0.83±0.30^{Bb}	29.52±1.85^{Bb}
20	4.20±0.58^{Aa}	0.75±0.13^{Aa}	2.21±0.44^{a}	1.33±0.17^{Aa}	38.49±1.60^{Aa}
30	3.65±0.60^{Bb}	0.63±0.12^{Bb}	1.73±0.35^{b}	1.15±0.29^{ABab}	39.12±1.79^{Aa}
P 值 *P*-value					
蛋白质水平 Protein level	<0.000 1	0.237 6	<0.000 1	0.945 6	0.015 9
脂肪水平 Fat level	0.005 1	0.001 4	0.031 8	0.000 2	0.002 0
交互作用	0.491 9	0.740 0	0.765 1	0.517 1	0.918 8

Interaction

3 讨 论

3.1 饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂生长性能的影响

脂肪在水貂饲粮中比例很高，其水平的高低决定了饲粮的能量水平，而研究表明动物的采食量直接受饲粮能量水平的影响[11]。本试验结果显示，随着饲粮脂肪水平的增加，水貂平均日采食量呈降低趋势，这与前人在其他动物上的研究结果[12-13]一致，其中 LH 组水貂末重、平均日增重均最高，平均日采食量和料重比均最低。前人研究发现，在某一饲粮能量水平时，饲粮中蛋白质水平越低，饲粮中提供的非蛋白质形式的可消化能则越高，可使饲粮中氮的损失减少，提高饲粮氮在体内的积累量[14]，与本试验结果相一致。饲喂高蛋白质饲粮的水貂的末重、平均日增重较低可能是由于当饲粮脂肪水平达到一定水平后，不需要蛋白质作为供能物质，除蛋白质发挥其固有的功能外，过多的蛋白质还需要动物耗能排出体外，从而影响水貂的体重。LH 组水貂末重高引起平均日增重较高，又因其平均日采食量最低，因而料重比最低，但 LH 组水貂末重与平均日增重与 LM 组差异不显著，可见当蛋白质水平为 32%、脂肪水平在 20%~30%之间，尤其是脂肪水平为 30%时，育成期雌性水貂生长性能最佳。本试验结果与 Hoie[15]得出是水貂饲粮脂肪水平为 7%~33%时可以提高其生长性能的结果相一致。

3.2 饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂营养物质消化率的影响

本试验结果显示，LL 和 HL 组干物质消化率显著低于其他各组，饲粮蛋白质水平对干物质消化率的影响不显著，而饲粮脂肪水平则极显著影响干物质消化率，其中 10%脂肪水平组的干物质消化率最低。前人研究表明，饲粮组成成分通过改变饲粮经过胃肠的时间而改变营养物质的消化率[16]，本试验中 10%脂肪水平组的干物质消化率最低可能是由于低脂肪饲粮中碳水化合物的水平相对较高，促进了胃肠蠕动，从而缩短了饲粮在肠胃的停留时间。本试验中，随着饲粮蛋白质水平的增加，水貂的蛋白质消化率也随之升高，这与蒋清奎等[3]

在准备配种期水貂上的研究结果一致。李光玉等[6]研究表明，饲粮脂肪水平对水貂蛋白质消化率无显著影响，本试验中蛋白质消化率随着饲粮脂肪水平的增加呈上升趋势，二者结果不一致，可能是因为在李光玉等[6]的研究中饲粮脂肪水平最高为 20%，而本试验中最高为 30%，脂肪水平影响了饲粮能量水平，高脂肪水平降低了采食量，水貂采食氮的量也随之减少，机体为满足生长需要，从而提高了蛋白质的消化率[17]。在水貂上的研究表明，多数脂肪都有很高的消化率，混合饲粮中脂肪的消化率为 80%~90%，平均消化率为 85%或更高[18-20]，本试验结果符合前人得出的结论，并且随着饲粮脂肪水平的增加，脂肪消化率呈上升的趋势。本试验中碳水化合物的消化率随着脂肪水平的增加呈下降的趋势，与干物质消化率变化趋势相一致。这可能是鲜饲粮的蛋白质和脂肪消化率均很高，由于水貂对碳水化合物的需要量较低，高蛋白质高脂肪饲粮中的碳水化合物可以满足水貂对碳水化合物的需要，机体通过采食量对碳水化合物的消化率进行了调节，其具体原因还有待于进一步研究。综合以上分析得出，水貂对饲粮中营养物质的消化率主要受饲粮脂肪和能量水平的影响，且当饲粮脂肪水平为 20%时，水貂对各营养物质的消化率均能达到较好的效果。

3.3　饲粮蛋白质、脂肪水平对育成期雌性水貂氮代谢的影响

本试验中，随着饲粮蛋白质水平的增加，食入氮极显著增加，但随饲粮脂肪水平的增加，食入氮则呈现先增加后降低的趋势，可以明显看出食入氮的变化主要由饲粮中蛋白质水平和采食量不同引起的[3]。本试验条件下，LH 组水貂粪氮排出量最低。研究表明，动物摄入蛋白质量与尿氮排出量之间存在很强的相关关系，蛋白质供应过量或氨基酸不平衡是导致大量尿氮排出和氮利用效率降低的重要原因[21]，水貂在育成期约有 80%的氮经由尿液排出[22]，本试验中各组水貂尿氮排处量随饲粮蛋白质水平增加而增加，这说明水貂具有对蛋白质和能量进行调节的功能，将摄入的过多蛋白质分解供能，并通过尿液排出体外。本试验条件下，LM 和 LH 组水貂尿氮排出量相对较低。氮生物学效价用来衡量饲粮中蛋白质被利用的程度，以及动物对蛋白质的需求[23]。本试验中，随着饲粮蛋白质水平的增加，水貂氮生物学效价

降低，但随着饲粮脂肪水平的升高，氮生物学效价呈升高趋势，这说明在本试验条件下，饲粮蛋白质水平越低、脂肪水平越高，氮生物学效价越高，综合以上指标得出当育成期雌性水貂饲粮蛋白质水平为 32%、脂肪水平为 20%~30%时，水貂对蛋白质的利用最好，并能够减少尿氮的排出量。

4 结 论

综合各项指标，在本试验条件下，当饲粮蛋白质水平为 32%、脂肪水平为 20%~30%时，育成期雌性水貂的生长性能最佳，且能够降低尿氮排出量，提高水貂对饲粮蛋白质的利用率。

参考文献：

[1] 张铁涛,张志强,任二军,等.饲粮蛋白质水平对育成期水貂营养物质消化率及生长性能的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1101–1106.

[2] ZHANG T T,ZHANG Z Q,GAO X H,et al.Effects of dietary protein levels on digestibility of nutrients and growth rate in young female mink (*Mustela vison*)[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2013,97(2):271–277.

[3] 蒋清奎,张志强,李光玉,等.准备配种期雌性水貂适宜日粮蛋白质水平的研究[J].中国畜牧兽医,2013,39(6):117–120.

[4] FRIEND D W,CRAMPTON E W.The need for supplementary dietary fat by breeding mink fed rations containing codfish products[J].Journal of Nutrition,1961,74(4):397–400.

[5] 杨颖.日粮能量水平及来源对水貂生产性能和营养物质消化代谢的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[6] 李光玉,张海华,蒋清奎,等.雌性水貂准备配种期日粮适宜脂肪水平的研究[J].经济动物学报,2012,16(4):187–191.

[7] AHLSTROM O,SKREDE A.Fish oil as an energy source for blue foxes (*Alopex lagopus*) and mink (*Mustela vison*) in the growing-furring period[J].Journal of Animal Physiology and

Animal Nutrition,1995,74(1/2/3/4/5):146–156.

[8] 付世建,谢小军,张文兵,等.南方鲇的营养学研究:III.饲料脂肪对蛋白质的节约效应[J].水生生物学报,2001,25(1):70–75.

[9] SKREDE A.Utilization of fish and animal by-products in mink nutrition Ⅰ,Ⅱ,III[J].Acta Agriculturae Scandinavica,1978,28(2):105–147.

[10] HANSEN N E,FINNE L,SKREDE A,et al.Energy supply to mink and foxes[C].Nordic Association of Agricultural Scientists,NJF-utredning Rapport No.63 DSR Forlag,Den Kgl.Copenhagen:Veterinær-og Landbohøjskole,1991.

[11] 杨烨,冯玉兰,董志岩,等.日粮能量和赖氨酸浓度对持续高温期生长肥育猪生产性能与生化指标的影响[J].福建农业学报,2004,19(4):219–223.

[12] CRESPO N,ESTEVE-GARCIA E.Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens[J].Poultry Science,2001,80(1):71–78.

[13] 耿业业.育成期蓝狐脂肪消化代谢规律的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.

[14] JOBLING M,WANDSVIK A.Quantitative protein requirements of Arctic charr,*Salvelinus alpinus* (L)[J].Journal of Fish Biology,1983,22(6):705–712.

[15] HOIE J.Experiments with different amounts of fat and carbohydrates in the food of mink kits[J].Norsk Pelsyrbld,1954,28:175–183.

[16] HELLWING A L F,TAUSON A H,AHLSTRØM Ø,et al.Nitrogen and energy balance in growing mink (*Mustela vison*) fed different levels of bacterial protein meal produced with natural gas[J].Archives of Animal Nutrition,2005,59(5):335–352.

[17] GENG Y Y,YANG F H,XING X M,et al.Effects of dietary fat levels on nutrient digestibility and production performance of growing-furring blue foxes (*Alopex lagopus*)[J].Journal of Animal

Physiology and Animal Nutrition,2012,96(4):610–617.
[18] LEOSCHKE W L.Mink nutrition research at the university of Wisconsin[M].Madison:Agricultural Experiment Station,University of Wisconsin,1960.
[19] GLEM-HANSEN N,JOERGENSEN G.Digestibility of feedstuffs determined on mink[J].Scientifur,1978,2(2):37–58.
[20] 张海华,王士勇,张铁涛,等.饲粮脂肪水平对雌性水貂营养物质消化率、氮代谢及繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2955–2962.
[21] PFEIFFER A,HENKEL H,VERSTEGEN M W A,et al.The influence of protein intake on water balance,flow rate and apparent digestibilty of nutrients at the distal ileum in growing pigs[J].Livestock Production Science,1995,44(2):179–187.
[22] NEWELL C W.Nutrient flow and manure management in the mink industry[D].MSc Thesis.Halifax,Nova Scotia:Dalhousie University,1999.
[23] 张铁涛,张志强,高秀华,等.冬毛生长期公貂对不同蛋白质水平日粮营养物质消化率及氮代谢的比较研究[J].动物营养学报,2010,22(3):723–728.

Effects of Dietary Protein and Fat Levels on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism of Female Minks during Growing Period

ZHANG Haihua YANG Yahan NAN Weixiao WANG Zhuo LI Guangyu*
(*State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Changchun* 130112, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary protein and fat levels on growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of female minks during

*Corresponding author, professor, E-mail: tcslgy@126.com (责任编辑 菅景颖)

growing period, in order to determine the optimum dietary protein and fat levels of female minks during growing period. A 2×3 factorial design was adopted in this experiment to designed 6 kinds of experimental diets with 2 protein levels [32% (L) and 36% (H)] and 3 fat levels [10% (L), 20% (M) and 30% (H)], . In accordance with protein and fat levels, six kinds of experimental diets were named as LL, LM, LH, HL, HM and HH, respectively. A total of 90 healthy female minks at the age of 60 days were randomly assigned into 6 groups with 15 replicates per group and 1 mink per replicate. The adaptation period lasted for 7 days and the formal period lasted for 60 days. The results showed as follows: the highest values of final weight and average daily gain (ADG) were found in LH group, they were significantly higher than those in LL and HL groups ($P<0.05$), and they had a increasing trend with dietary fat level increasing. Average daily feed intake (ADFI) and feed/gain (F/G) were the lowest in LH group; the ADFI in 30% fat level group was extremely significantly lower than that in 20% fat level group ($P<0.01$); the F/G was increased with dietary fat level increasing, and that in 30% fat level group was extremely significantly lower than that in 10% and 20% fat level groups ($P<0.01$). Dry matter digestibility and fat digestibility in LL and HL groups were extremely significantly lower than those in other groups ($P<0.01$); protein digestibility in HH group was significantly higher than that in LL, LH and HL groups ($P<0.05$). With dietary protein increasing, protein digestibility and fat digestibility were significantly ($P<0.05$) and extremely significantly ($P<0.01$) increased, respectively. Dry matter digestibility and fat digestibility in 10% fat level group were extremely significantly lower than those in 20% and 30% fat level groups ($P<0.01$); the fat digestibility showed an increasing trend with dietary fat level increasing; carbohydrate digestibility in 30% fat level group was the lowest, and extremely significantly lower than that in 10% and 20% fat level groups ($P<0.01$). Nitrogen intake in HM group was the highest, and extremely significantly higher than that in other groups ($P<0.01$); fecal

nitrogen output in HL group was the highest, and significantly higher than that in LH and HH groups (*P*<0.05); the lowest values of urine nitrogen output was found in LH group, while the highest values of nitrogen deposition and biological value of nitrogen were found in LH and HH groups. With protein level from 32% increased to 36%, the nitrogen intake and urine nitrogen output were extremely significantly increased (*P*<0.01), while the biological value of nitrogen was significantly decreased (*P*<0.05). The nitrogen intake in 20% fat level group was the highest, and extremely significantly higher than that in 30% fat level group (*P*<0.01); the fecal nitrogen output and urine nitrogen output in 30% fat level group were the lowest, and had significant (*P*<0.05) or extremely significant (*P*<0.01) differences compared with 10% and 20% fat level groups; with dietary fat level increasing, the nitrogen deposition was firstly increased and then down, while the biological value of nitrogen was increased. Considering all the indices, when the dietary protein level is 32% and the fat level is 20% to 30% under the condition of this experiment, the female minks during growing period can get the best growth performance. Furthermore, suitable protein and fat levels of diets for minks can decrease urine nitrogen and improve protein utilization.

Key words: growing period; female mink; protein; fat; growth performance